

가시고기(*Pungitius sinensis*: Gasterosteidae)의 性的 二型

蔡秉洙 · 楊洪準

경북대학교 사범대학 생물교육과

江原道 江陵 南大川과 玉溪 珠樹川에서 채집된 가시고기(*Pungitius sinensis sinensis*)와 잔가시고기(*P. sinensis kaibarae*)를 대상으로 외부형태의 性的 二型을 조사하였다. 조사된 형질 중 가장 뚜렷한 性的 二型을 나타내는 것은 體長에 대한 頭長의 비율로서, 수컷의 頭長이 암컷의 것보다 더 긴 것으로 나타났다. 그 밖에 吻長 / 體長, 肛門部 體高 / 體長의 비율에서도 암수간의 차이를 나타내는 경향이 있었다. 이들 어류에서 頭長의 性的 二型이 나타나는 원인을 동물행동학적인 면에서 논의하였다.

KEY WORDS: *Pungitius sinensis*, Sexual dimorphism.

가시고기屬(*Pungitius*) 어류는 巢를 만들어 그 안에 산란하는 nest-spawner로 알려져 있다. 이들은 주로 水草를 이용하여 巢를 만들며, 산란 후 부화할 때까지 巢과 仔魚를 보호하는 매우 특이한 생식행동을 나타내고 있다(Wootton, 1976).

일반적으로 어류는 산란기 이외에는 외견상으로 암수를 구별하기 곤란한 것이 많다. 그러나 몸의 특정 부위에 2차 성징이 나타나 생식소를 조사하지 않고도 암수의 구별이 가능한 경우도 있는데 이러한 性的 二型은 산란기에만 나타나는 일시적인 것과 평생 없어지지 않는 영구적인 것이 있다(Bond, 1979; 松原 등, 1979; 岩井, 1985).

큰가시고기科(Gasterosteidae) 어류의 性的 二型에 대해서는 池田(1933)가 큰가시고기屬(*Gasterosteus*)과 가시고기屬에서 頭長比에 차이가 있음을 기록하고 있고, Kobayashi(1933)는 잔가시고기(*P. sinensis kaibarae*)에서 尾部에 암수간의 차이가 있다고 한 바 있다. Lindsey(1962)는 큰가시고기屬의 臀鰭軟條數가 암수간에 다소 차이가 있다고 하였다. 또 森(1984)는 큰가시고기屬 어류에서 頭長의 性的 二型은 암수간의 행동학적인 차이에 의해서 나타나는 것으로 추론하였다. 이러한 형태적인 차이 외에 생화학적인 性的 二型도 보고되어 있다(Withler *et al.*, 1986).

본 조사에서는 강릉에 인접한 지역의 두 하천에

서 *P. sinensis*의 두 亞種인 잔가시고기(*P. sinensis kaibarae*)와 가시고기(*P. sinensis sinensis*)를 채집하여 형태적 특징을 비교한 결과 몇 가지 형질에서 암수간의 차이가 있었기에 보고하며, 이와 같은 차이의 원인을 동물행동학적인 면에서 고찰해 보고자 한다.

材料 및 方法

본 조사에 사용된 재료는 1985년 4월과 5월에 江陵 南大川의 中上流인 江原道 溟州郡 城山面 九山里와 珠樹川의 下流인 溟州郡 玉溪面 川南里에서 각각 채집하였다. 채집지의 지리적 위치, 채집 개체수 등은 Fig. 1 및 Table 1과 같다.

표본은 채집 즉시 10% formalin에 고정했으며, 體長, 頭長, 吻長, 肛門部 體高를 측정하고 背鰭, 臀鰭, 胸鰭 軟條數를 조사하여 암수간의 비교를 하였다. 측정에는 1/20 mm vernier caliper를 이용했다. 性的 구별은 채집시기가 산란기였으므로 수컷의 혼인색과 암컷의 복부상태로 확인했으며, 구별이 곤란한 경우에는 해부하여 생식소로서 性을 판별하였다. 자료의 통계처리(t-test) 및 회귀적선식 계산은 Sokal and Rohlf(1981)에 의했다.

Table 1. The number of fishes collected and the general features of collection sites

Locality	Date of collection	No. of Fish		Latitude	Longitude	Bottom of stream
		male	female			
Namdae	1985					
River	Apr. 28	32	6	37° 44'	128° 50'	Pebble and sand
	May 12	41	6			
Chusu	1985					
River	May 26	58	56	37°40'	129°02'	Sand

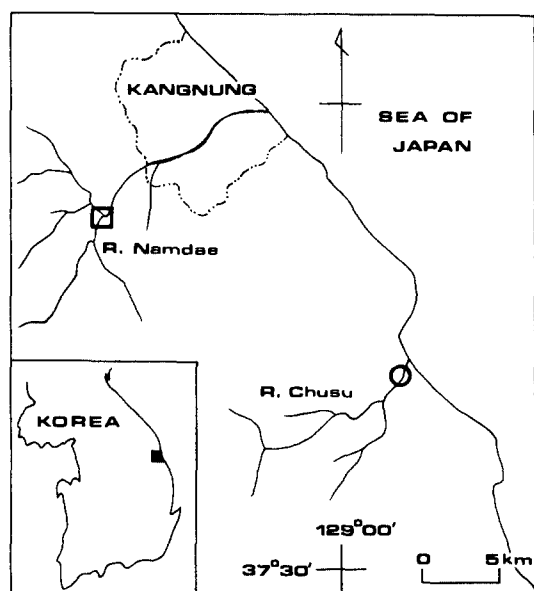


Fig. 1. Map showing the sampling sites of *P. sinensis sinensis* (circle) and *P. sinensis kaibarae* (square).

結 果

각 지느러미의 軟條數(Table 2)는 모두 암수 간에 유의한 차이를 보이지 않았다($p < 0.05$). Lindsey(1962)와 森(1984)는 *Gasterosteus aculeatus* 에서 臀鰭軟條數에 암수간의 차이가 있다고 하였으나 본 種에서는 그러한 차이가 발견되지 않았다. 한편 背鰭, 臀鰭軟條數의 평균치는 남대천産과 주수천産의 표본 사이에 지역간의 차이를 보여 주고 있었다.

體長에 대한 頭長, 吻長 및 肛門部 體高의 비율과 頭長에 대한 吻長의 비율은 Table 3에 나타내었다. 體長에 대한 頭長, 吻長 및 肛門部 體高의 비율은 두 개체군 모두 암수 간에 유의한 차이가 있었지만($p < 0.05$), 頭長에 대한 吻長의 비율은 성에 따른 차이가 없었다. 體長이 같은 다수의 개체들 속에서도 수컷의 頭長이 더 길게 目測되었는데 이것을 측정 한 결과 남대천産의 수컷은 頭長이 體長의 약 1/3.7이고 암컷은 1/4.1이었으며 주수천産의 수컷은 1/3.4이고 암컷은 1/3.7의 비율로 나타났다.

頭長과 體長의 관계는 Fig. 2A와 같다. 두 개체군에서 모두 수컷이 암컷보다 頭長이 긴 것으로 나타났으며, 회귀직선 상의 점들이 암수 간에 거의 중복되지 않아 매우 유의한 차이가 있었다. 남대천産의 수컷은 $HL = 0.22 BL + 2.19$ ($r = 0.82$), 암컷은 $HL = 0.21 BL + 1.71$ ($r = 0.97$) 이었고, 주수천産의 수컷은 $HL = 0.26 BL + 1.26$ ($r = 0.96$), 암컷은 $HL = 0.24 BL + 1.08$ ($r = 0.98$)의 회귀직선을 나타내었다.

吻長과 體長의 관계(Fig. 2B)를 보면, 주수천産의 수컷은 $SnL = 0.07 BL + 0.21$ ($r = 0.83$) 이고 암컷은 $SnL = 0.06 BL + 0.15$ ($r = 0.92$) 였으며 남대천産의 수컷은 $SnL = 0.07 BL - 0.14$ ($r = 0.53$)이고 암컷은 $SnL = 0.06 BL + 0.11$ ($r = 0.84$)로 나타났다. 주수천産의 표본은 암수가 모두 대체로 회귀직선상의 상관관계는 높았으나 암수 간에 유의한 차이가 없었으며 남대천産의 수컷은 상관관계가 낮고 변이가 매우 심했다. 그러나 두 개체군에서 공통적인 특징은 같은

Table 2. Frequency distributions and mean values of the number of dorsal, anal and pectoral fin rays of *Pungitius sinensis* from the Namdae River and Chusu River

Locality	Sex	No. of fish	Dorsal fin rays (M ± SD)			Anal fin rays (M ± SD)			Pectoral fin rays (M ± SD)		
			9	10	11 12	8	9	10 11 12	9	10	11
Namdae River	male	73	2	41	29 1	3	42	28	61	12	
			(10.40 ± 0.57)			(9.34 ± 0.56)			(10.16 ± 0.37)		
	female	12	2	5	5	10	2		10	2	
			(10.25 ± 0.75)			(9.17 ± 0.39)			(10.17 ± 0.39)		
Chusu River	male	58	1	8	36 11	1	11	36 7 1	2	53	1
			(11.02 ± 0.65)			(9.93 ± 0.68)			(9.98 ± 0.23)		
	female	56	1	14	34 9	1	13	36 8	55	3	
			(10.88 ± 0.68)			(9.98 ± 0.65)			(10.05 ± 0.22)		

Table 3. Intersexual and interpopulational comparisons of the ratios of the head length (HL), snout length (SnL) and body depth at anus (BDA) to the body length (BL), respectively, and snout length to the head length

Locality	Sex	No. of fish	HL/BL	SnL/BL	BDA/BL	SnL/HL
Namdae River	male	73	0.27 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.19 ± 0.01	0.24 ± 0.02
	female	12	0.25 ± 0.01	0.06 ± 0.01	0.17 ± 0.01	0.25 ± 0.02
Chusu River	male	58	0.29 ± 0.01	0.07 ± 0.00	0.17 ± 0.01	0.24 ± 0.01
	female	56	0.27 ± 0.01	0.06 ± 0.00	0.16 ± 0.01	0.24 ± 0.01

크기의 개체에서 수컷은 암컷보다 吻長이 상대적으로 긴 경향이 있었다.

吻長과 頭長의 관계(Fig. 2C)는 남대천産 수컷이 $SnL = 0.32 HL - 0.92$ ($r = 0.66$), 암컷은 $SnL = 0.28 HL - 0.39$ ($r = 0.87$)였으며, 주수천産의 수컷은 $SnL = 0.24 HL + 0.08$ ($r = 0.86$)이고 암컷은 $SnL = 0.24 HL - 0.08$ ($r = 0.94$)로서 암수 간에 완전히 중복되어 전혀 차이가 없었다.

肛門部 體高와 體長의 관계(Fig. 2D)를 보면, 남대천産의 표본에서는 회귀직선식의 상관관계가 낮지만 암수간에 유의한 차이를 볼 수 있었다. 그러나 주수천産의 것은 상관관계는 높았지만 성에 따른 차이가 없었다. 남대천産 수컷의 회귀직선식은 $BDA = 0.13 BL + 2.57$ ($r = 0.62$)이며 암컷은 $BDA = 0.11 BL + 2.34$ ($r = 0.79$)였

고, 주수천産의 수컷은 $BDA = 0.13 + 1.48(r = 0.81)$, 암컷은 $BDA = 0.14 BL + 0.64$ ($r = 0.92$)였다.

考 察

강릉 일대의 두 하천에서 채집된 가시고기와 잔가시고기의 형태적 특징을 조사한 결과 頭長比에서 현저한 性的 二型이 나타났으며, 吻長 및 肛門部 體高는 수컷이 암컷의 것보다 더 긴 경향이 있었다. 큰가시고기科 어류에서 頭長比가 암수간에 차이가 있다고 하는 것은 池田(1933), Kobayashi(1933), 森(1984) 등에 의하여 이미 알려진 바 있다. 특히 森(1984)는 큰가시고기屬 어류에서 頭長에 性的 二型이 나타나는 것을 보고하고, 이들

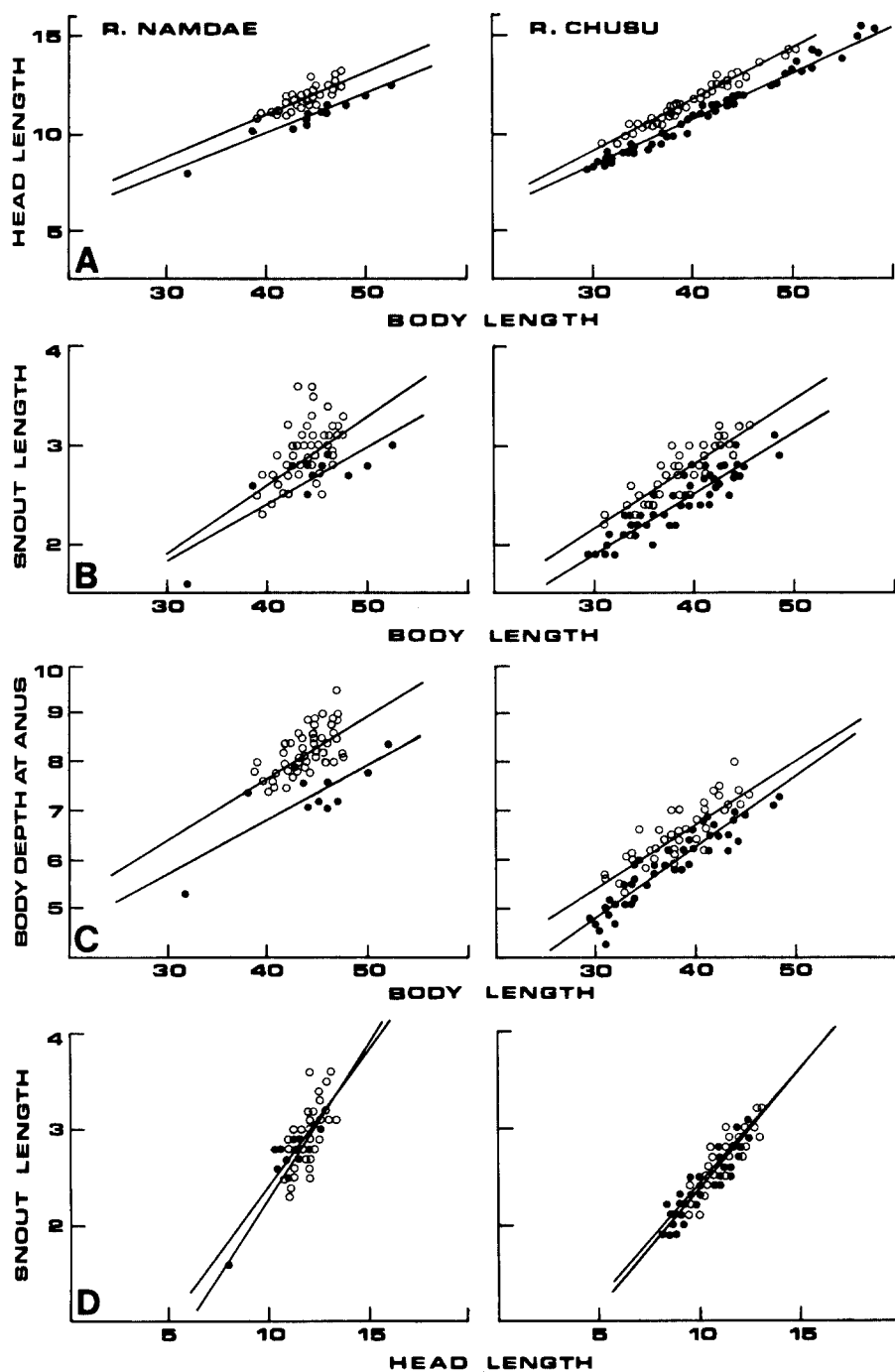


Fig. 2. Relationships between head length and body length (A), between snout length and body length (B), between body depth at anus and body length (C) and between snout length and head length (D) of eightspine sticklebacks, *P. sinensis kaibarae* (left) and *P. sinensis sinensis* (right). Open circles represent males and solid circles represent females. All numerals are in mm.

어류는 암수가 모두 같은 수역에서 살기 때문에 생활환경의 차이에 따른 淘汰壓의 영향보다는 암수간의 생활습성의 차이에 따른 性淘汰에서 그 원인을 찾을 수 있다고 하였다.

이러한 견해는 가시고기屬 어류에도 적용될 수 있다고 생각한다. 가시고기屬 어류에서 암수간의 생활습성의 차이로는 수컷이 巢를 만들고 침입자를 공격하며 稚魚가 巢 밖으로 나왔을 때 안으로 물어넣는 등의 행동에서 입을 매우 많이 사용한다는 보고가 있다(Kobayashi, 1933; Wootton, 1976). 또한 수컷이 적절한 영역을 차지하기 위하여 다른 수컷과 경쟁하거나 巢에 있는 알을 포식하려는 침입자에 대해 방어할 때, 頭部를 아래로 숙인 자세(Head-down threat: Wootton, 1976)에서 몸전체를 S-字型으로 구부러서(S-shaped form: Kobayashi, 1933) 상대에게 頭部의 측면을 가장 많이 노출시켜 위협한다. 그러므로 頭部가 큰 수컷이 더 위협적이고 공격적이라 할 수 있으며, 적절한 영역을 획득하거나 巢를 보호하는데 더욱 유리할 것이다.

性淘汰(sexual selection)에는 두 가지 면이 있다(Pianka, 1983). 하나는 같은 性내의 구성원 사이에 best mate를 위한 경쟁을 나타내는 intrasexual selection이고, 다른 하나는 異性간의 mating preference에 의해 작동하는 epigamic selection(혹은 intersexual selection)이다. 이것에 의하면 본 種에서는 수컷개체 사이의 영역획득을 위한 혹은 best mate를 위한 경쟁이 치열하게 일어나므로 intrasexual selection이 頭部の 크기를 증대시킨 주된 요인이라고 생각된다.

森(1984)는 *G. aculeatus microcephalus*에 대하여 頭部の 붉은색이 解發因(releaser)으로서 암컷을 유인하는 효과를 가지고 있어서 頭部가 큰 수컷이 붉은색의 면적이 넓어 그 효과가 더 크다고 했으며, 큰 頭部에 의한 위협력 증가 및 큰 解發效果가 나타나므로 intrasexual 및 intersexual selection이 동시에 작용한다고 한 바 있다. 그러나 본 조사의 경우와 같이 가시고기屬 어류에서는 혼인색인 몸전체의 검은색이 解發因으로 작용한다(Wootton, 1976). 따라서 큰가시고기屬의 頭部에만 있는 붉은색과 같이 頭部の 크기에 따른 효과는 거둘 수 없을 것으로 생각된다. 그러나 in-

trasexual selection의 결과로 얻어진 적절한 영역이나 巢의 보호효과가 커서 생식적 성공을 보다 용이하게 할 수 있다는 점에서 암컷이 頭部가 큰 수컷을 선호하는 mating preference가 일어날 수 있다. 그러므로 頭部の 크기와 관련된 性淘汰 중 epigamic selection은 1차적이라기 보다는 2차적인 것으로 볼 수 있다.

한편 吻長도 頭長의 경우와 같이 수컷에서 더 길게 나타나는 경향이 있었으나 吻長/頭長의 비율은 암수간에 차이가 없었다. 이러한 사실로 보아 口部가 발달함에 따라 이를 지지하는 다른 頭骨도 비례하여 발달하는 것으로 생각할 수 있으나, 현재로서는 자로 자체의 상관관계가 상당히 낮을 뿐만 아니라 개체수도 비교적 적고 성체에 가까운 개체들만을 대상으로 했기 때문에 확정적으로 말하기는 어렵다. 따라서 앞으로 많은 개체를 대상으로 하여 稚魚시기부터 성체까지 넓은 범위에서의 조사가 행해져야 할 것으로 생각된다.

또 肛門部 體高의 비율은 잔가시고기인 남대천의 것은 性的 二型이 비교적 뚜렷하게 나타나고 있으나 가시고기인 주수천의 것은 그러한 경향이 적었다. 잔가시고기의 尾部에 암수간의 차이가 있다는 것은 Kobayashi(1933)가 日本 京都産 잔가시고기에서 이미 보고한 바 있지만, 수컷에서 肛門部 體高가 높다고 하는 형태적 특징이 암수간에 어떠한 기능적 차이를 나타내고 있는지에 대해서는 보고된 바 없다.

引用文獻

- Bond, C. E., 1979. Biology of Fishes. W. B. Saunders Company, Philadelphia, pp. 406-424.
- 池田嘉平, 1933. トゲウオの分布と其の變異. 動物學雜誌 45:141-173.
- 岩井保, 1985. 水産脊椎動物. II. 魚類 4. 恒星社厚生閣, 東京, pp. 190-212.
- Kobayashi, J., 1933. Ecology of a stickleback, *Pungitius sinensis* var. *kaibarae* (Tanaka). J. Sci. Hiroshima Univ. Ser. B. Div. 1, 2:71-89.
- Lindsey, C. C., 1962. Experimental study of meristic variation in a population of threespine stickleback, *Gasterosteus aculeatus*. Can. J. Zool. 40:271-312.
- 松原喜代松・落合明・岩井保, 1979. 新版 魚類學(上). 恒星社厚生閣, 東京, pp. 182-195.

- 森誠一, 1984. ハリヨの性的二型. 魚類學雜誌 **30**:419-425.
- Pianka, E. R., 1983. Evolutionary Ecology. Harper & Row, New York, 3rd ed., pp.158-172.
- Sokal, R. R. and F. J. Rohlf, 1981. Biometry. W. H. Freeman & Company, New York, pp. 38-61, 222-231, 454-560.
- Withler, R. E., J. D. McPhail, and R. H. Devlin, 1986. (Accepted April 15, 1990)
- Electrophoretic polymorphism and sexual dimorphism in the freshwater and anadromous threespine sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*) of the Little Campbell River, British Columbia. *Biochem. Genet.* **24**:701-713.
- Wootton, R. J., 1976. The Biology of the Sticklebacks. Academic Press, London, pp. 266-289.

Sexual Dimorphism in Eightspine Stickleback, *Pungitius sinensis*: Gasterosteidae

Byung Soo Chae and Hong Jun Yang (Department of Biology, Teacher's College, Kyungpook University, Taegu 702-701, Korea)

Pungitius sinensis specimens were collected from the Namdae River and Chusu River drained into Sea of Japan, and their morphological characters were investigated to determine if this species shows sexual dimorphism. The ratio of the head length to the body length revealed marked sexual difference; the head length in males was longer than in females. The snout length and body depth at anus showed a tendency to be larger in males than in females. This dimorphism seems to be related to breeding habits. The ethological significance of the larger head of males was discussed.